



(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-219554

(43)公開日 平成9年(1997)8月19日

(51)Int.CI. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 S	3/133		H 01 S	3/133
	3/043			3/096
	3/096			3/18
	3/18			3/04
				S

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

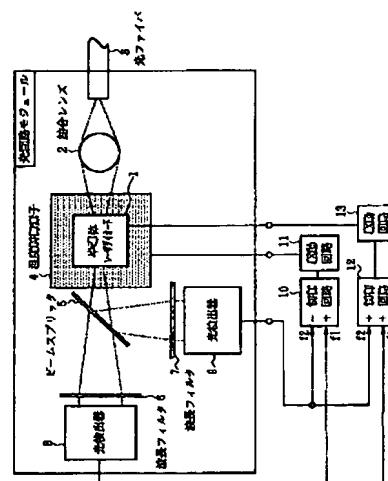
(21)出願番号	特願平8-22861	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22)出願日	平成8年(1996)2月8日	(72)発明者	小林 由紀夫 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72)発明者	萩本 和男 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54)【発明の名称】半導体レーザダイオードの光出力制御装置

(57)【要約】

【課題】 n mオーダでの波長制御を簡易な方法で行う。

【解決手段】 半導体レーザダイオード1からの光を透過特性が逆の波長フィルタ6、7へ入力してその光信号強度を検出し、その検出された光信号強度の差により半導体レーザダイオード1の温度を調節して波長を制御する。また、波長フィルタ6、7を透過した光信号強度の和またはこれとは独立に求めた半導体レーザダイオード1の光出力強度から、その半導体レーザダイオード1の駆動電流を制御してその光出力電力の変動を抑える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザダイオードの出力光を監視する監視手段と、この監視手段の監視出力にしたがってその半導体レーザダイオードの動作を制御する制御手段とを備えた半導体レーザダイオードの光出力制御装置において、

前記監視手段は、

前記半導体レーザダイオードの出力光から二つの光信号を得る光学手段と、この二つの光信号がそれぞれ入射しその波長の変化に対する透過率の変化が逆特性となる二つの波長フィルタと、この二つの波長フィルタの出力光電力をそれぞれ検出する二つの光検出器とを含み、

前記制御手段は、

前記二つの光検出器の検出出力の差分により前記半導体レーザダイオードの温度を調節する温度制御手段と、前記二つの光検出器の検出出力の和分により前記半導体レーザダイオードの駆動電流を制御する駆動電流制御手段とを含むことを特徴とする半導体レーザダイオードの光出力制御装置。

【請求項 2】 前記光学手段は前記半導体レーザダイオードの一方の端面から出力される光から前記二つの光信号を取り出す手段を含む請求項 1 記載の半導体レーザダイオードの光出力制御装置。

【請求項 3】 前記光学手段は前記半導体レーザダイオードの二つの端面からそれぞれ出力される光から前記二つの光信号を別々に取り出す手段を含む請求項 1 記載の半導体レーザダイオードの光出力制御装置。

【請求項 4】 半導体レーザダイオードの出力光を監視する監視手段と、

この監視手段の監視出力にしたがってその半導体レーザダイオードの動作を制御する制御手段とを備えた半導体レーザダイオードの光出力制御装置において、

前記監視手段は、

前記半導体レーザダイオードの出力光から三つの光信号を得る光学手段と、

この三つの光信号のうちの二つがそれぞれ入射しその波長の変化に対する透過率の変化が逆特性となる二つの波長フィルタと、

この二つの波長フィルタの出力光電力をそれぞれ検出する第一および第二の光検出器と、

前記三つの光信号の残りの一つを検出する第三の光検出器とを含み、

前記制御手段は、

前記第一および第二の光検出器の検出出力の差分により前記半導体レーザダイオードの温度を調節する温度制御手段と、

前記第三の光検出器の検出出力により前記半導体レーザダイオードの駆動電流を制御する駆動電流制御手段とを

含むことを特徴とする半導体レーザダイオードの光出力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光信号伝送に利用する。特に、光信号伝送の光源に用いられる半導体レーザダイオードの波長制御および出力制御に関する。

【0002】

【従来の技術】 光伝送装置の光源として、従来から、主に半導体レーザダイオードが用いられている。半導体レーザダイオードには、同じバイアス駆動電流であっても、周囲温度によって発光出力電力が変動し、また発光波長も変動する性質がある。このため、発光出力が一定に保たれるように、主に半導体レーザダイオードの背面光出力（正面光は伝送用として光ファイバに結合されるため、通常は監視用には使用されない）を光検出器で検出し、光ファイバへ結合される光出力を一定とする制御が行われていた。一方、温度に対する発光波長変動については、実用上問題のない範囲での変動であるため、そのような波長変動を補償するような制御は行われていなかった。

【0003】 一方、高速広帯域伝送サービスや I S D N (Integrated Service Digital Network) サービスの展開に伴い、近年ますます伝送容量増加を必要とするようになってきている。このため、従来の单一波長による光伝送のみならず、複数の波長を用いてこれらを多重化する波長多重伝送技術が重要となってきている。特に、光ファイバ増幅技術の進展により、波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯に効率よく複数の波長を多重して伝送する波長多重伝送が可能となってきている。この波長多重伝送では、多重度を上げることにより大容量の伝送が可能となるが、限られた光ファイバ増幅帯域を有効に使用するためには、多重する波長の制御と監視が重要な課題となっている。

【0004】 光波長の制御については、例えば、

文献 1：水落隆司、清水克宏、下村健吉、北山忠善、
「一括波長多重制御による光ADMネットワーク」電子
情報通信学会光通信方式研究会資料、O S C 9 4 - 3
5、1994

文献 2 : T. Okoshi 他, "Frequency stabilization of semiconductor lasers for heterodyne-type optical communication systems", Electron. Lett., vol. 16, No. 5, pp 170-181, 1980

に示されたものがある。文献 1 には、主信号に低周波信号を重畠し、半導体レーザダイオードの AM 成分から再生した信号で光掃引出力光を同期検波することにより光波長を制御することが記載されている。また、文献 2 には、MHz オーダの波長制御を行うため、光源出力を 2 方向へ分岐し、一方は直接光検出器で検出し、他方はファブリ・ペロー干渉計へ入力してそのファブリ・ペロー干渉計の傾斜により波長変化を検出し、これらの検出レ

ベルを比較して波長を安定化することが記載されている。文献2では、出力電圧の安定化までは言及がない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】文献1、2にそれぞれ記載された波長制御技術は、コヒーレント伝送のような超密な波長間隔 (kHz ~ MHz オーダ) で波長多重を行うことを目的としており、制御回路には電気的な同期回路や光学的共振回路など高度な部品を必要とし、nm オーダ (1.55 μm 帯では 100 GHz オーダ) の波長間隔で波長多重を行う場合には過剰な波長制御となる。

【0006】本発明は、このような課題を解決し、波長多重のための nm オーダ での波長制御を簡易な構成で行う半導体レーザダイオードの光出力制御装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明では、透過特性が逆の傾斜を有する二つの光フィルタを用いることにより波長変動を検出し、この検出結果により半導体レーザダイオードの温度を調節することで、発振波長を制御する。また、光出力電力については、その光出力電力を検出して駆動電力を制御することにより一定に保つ。

【0008】すなわち、本発明の第一の観点によれば、半導体レーザダイオードの出力光を監視する監視手段と、この監視手段の監視出力にしたがってその半導体レーザダイオードの動作を制御する制御手段とを備えた半導体レーザダイオードの光出力制御装置において、監視手段は、半導体レーザダイオードの出力光から二つの光信号を得る光学手段と、この二つの光信号がそれぞれ入射しその波長の変化に対する透過率の変化が逆特性となる二つの波長フィルタと、この二つの波長フィルタの出力光電力をそれぞれ検出する二つの光検出器とを含み、制御手段は、二つの光検出器の検出出力の差分により半導体レーザダイオードの温度を調節する温度制御手段と、二つの光検出器の検出出力の和分により半導体レーザダイオードの駆動電流を制御する駆動電流制御手段とを含むことを特徴とする半導体レーザダイオードの光出力制御装置が提供される。

【0009】この構成により、(1) 半導体レーザダイオードからの光を透過特性が逆の波長フィルタへ入力してその光信号強度を検出し、波長の変動が生じた場合に、その一方の検出信号レベルが増大し他方の検出信号レベルが減少することを利用して、それぞれの信号レベル変化に応じて半導体レーザダイオードの温度を制御する。これにより、半導体レーザダイオードの波長変動を抑圧することができる。また、(2) 半導体レーザダイオードの光出力電力が変化した場合には、それぞれの検出信号レベルが均等に増減するので、その値に対応して半導体レーザダイオードの駆動電流を制御することにより、出力変動を抑えることができる。

【0010】光学手段は、半導体レーザダイオードの一方の端面から出力される光から二つの光信号を取り出す構成でもよく、半導体レーザダイオードの二つの端面からそれぞれ出力される光から別々に取り出す構成でもよい。

【0011】波長フィルタの透過光を検出する二つの光検出器とは別の光検出器により半導体レーザダイオードの出力光強度を検出する構成とすることもできる。すなわち、本発明の第二の観点によれば、監視手段は、半導体レーザダイオードの出力光から三つの光信号を得る光学手段と、この三つの光信号のうちの二つがそれぞれ入射しその波長の変化に対する透過率の変化が逆特性となる二つの波長フィルタと、この二つの波長フィルタの出力光電力をそれぞれ検出する第一および第二の光検出器と、三つの光信号の残りの一つを検出する第三の光検出器とを含み、制御手段は、第一および第二の光検出器の検出出力の差分により半導体レーザダイオードの温度を調節する温度制御手段と、第三の光検出器の検出出力により半導体レーザダイオードの駆動電流を制御する駆動電流制御手段とを含むことを特徴とする半導体レーザダイオードの光出力制御装置が提供される。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第一の実施形態を示すプロック構成図である。この実施形態では、半導体レーザダイオードとその光出力制御装置の一部とがひとつの光回路モジュールに形成され、この光回路モジュールの外部に、光出力制御のための電子回路が接続される。

【0013】すなわち、半導体レーザダイオード1、この半導体レーザダイオード1の出力光を伝送用の光ファイバ3に結合する結合レンズ2と、半導体レーザダイオード1の温度を調整するための温度制御素子4と、半導体レーザダイオード1の出力光から二つの光信号を得るビームスプリッタ5と、この二つの光信号がそれぞれ入射しその波長の変化に対する透過率の変化が逆特性となる二つの波長フィルタ6、7と、この二つの波長フィルタ6、7の出力光電力をそれぞれ検出する二つの光検出器8、9とがひとつの光回路モジュールを構成し、二つの光検出器8、9の検出出力の差分により温度制御素子4の駆動電流を制御して半導体レーザダイオード1の温度を調節する制御回路10および駆動回路11と、二つの光検出器8、9の検出出力の和分により半導体レーザダイオード1の駆動電流を制御する制御回路12および駆動回路13とが外部に接続される。

【0014】温度制御素子4としては例えばペルチエ素子が用いられ、この素子上に半導体レーザダイオード1が載置される。半導体レーザダイオード1からは、その両端面から光が射出する。このうち、前面光が結合レンズ2を介して光ファイバ3に結合され、背面光が監視用としてビームスプリッタ5に導かれる。ビームスプリッ

タ5はこの背面光を2方路へ分歧し、その一方が波長フィルタ6を介して光検出器8に入射し、その他方が波長フィルタ7を介して光検出器9へ入射し、それぞれ電気信号に変換される。

【0015】図2は二つの波長フィルタ6、7の透過特性の一例を示す。波長フィルタ6、7の透過特性の傾斜が互いに逆向きであり、波長フィルタ6は波長が長波長になるにしたがって透過率が低下し、波長フィルタ7は波長が長波長になるにしたがって透過率が高くなる。

【0016】ここで、波長フィルタ6、7の出力信号レベルはそれぞれ、

$$f_1 = a_1 * \lambda + c_1 + p_1$$

$$f_2 = a_2 * \lambda + c_2 + p_2$$

と表される。ここで、 a_i ($i = 1, 2$) は波長フィルタ6、7の波長に対する傾斜係数、 c_i ($i = 1, 2$) は波長フィルタ6、7の透過特性の固定係数、 λ は光源波長、 p_i ($i = 1, 2$) は光源波長からの入射電力である。

【0017】簡単のため光検出器8、9の検出出力が波長フィルタ6、7の出力信号レベルに等しいとすると、光検出器8、9の検出出力の差は、

$$A = f_1 - f_2$$

$$= (a_1 - a_2) \lambda + (c_1 - c_2) + (p_1 - p_2)$$

と表される。ここで、あらかじめ p_1 と p_2 の値が $p_1 = p_2$ となるように光検出器8、9の光電気変換効率が校正されていれば、波長傾斜特性が逆であることから $a_1 = -a_2$ であるので、

$$A = 2a_1 \lambda + (c_1 - c_2)$$

となり、この値は光源の波長変動のみの関数となることがわかる。

【0018】また、光検出器8、9の検出出力の和は、
 $B = f_1 + f_2$

$$= (a_1 + a_2) \lambda + (c_1 + c_2) + (p_1 + p_2)$$

と表される。ここで、波長傾斜特性が逆、すなわち $a_1 = -a_2$ であることから、

$$B = (c_1 + c_2) + (p_1 + p_2)$$

となる。 c_1 と c_2 は既知であり、あらかじめ光検出器8、9の光電気変換効率が校正されていれば、 B の値は光源の光出力電力変動のみの関数となる。

【0019】ここでは式を単純化して説明したが、実際には、光検出器8、9の検出出力が波長フィルタ6、7の出力信号レベルに等しいわけではなく、単純な比例関係となるわけでもない。しかし、波長変動および電力変動の検出およびその制御のためには、この近似で十分である。波長フィルタ6、7の波長透過特性は対称であることが望ましいが、対称でない場合でも、あらかじめ特性補正値データを記憶回路へ記憶しておき、これを参照することで光検出器8、9の出力を補正することができる。

【0020】図3は半導体レーザダイオードの波長温度

特性を示し、図4は半導体レーザダイオードの駆動電力と光出力との関係を温度をパラメタとして示す。半導体レーザダイオードの動作中心波長は一般に、動作温度が上昇するにしたがって長波長側へ移動する。また、駆動電流が一定であっても、温度の上昇とともに光出力電力が低下する傾向がある。これらの図を参照して制御動作について説明する。

【0021】波長フィルタ6を透過した光信号に対する光検出器8の検出出力を f_1 、波長フィルタ7を透過した光信号に対する光検出器9の検出出力を f_2 とする。
 f_1 と f_2 の値を用いて、半導体レーザダイオード1の波長が何らかの原因で長波長側へ移動した場合、検出出力 f_1 は減少し、検出出力 f_2 は増加する。そこで、制御回路10によりこの差分をとり、駆動回路11により温度制御素子4を制御する。差分信号が一定となるように制御することで、波長を所定の波長へ固定することができる。ここで、温度を変化させると、図4からわかるように、光出力電力が変化する。このとき f_1 および f_2 の絶対レベルは変化するが、波長制御に用いる値はその差分（相対値）であり、温度制御信号としては変化しない。

【0022】また、半導体レーザダイオード1の駆動電流を制御するには、 f_1 と f_2 の和分値を用いる。すなわち、制御回路12により f_1 と f_2 の和分値を求め、駆動回路13により半導体レーザダイオード1の駆動電流を制御する。ここで、波長フィルタ6、7の透過特性が光検出器8、9の出力 f_1 、 f_2 の和が一定となるような特性であるならば、波長フィルタ6、7への入力光の波長変動があっても f_1 および f_2 の和は一定となる。一方、半導体レーザダイオード1の光出力レベルが変化した場合には、 f_1 および f_2 の和がその変化に対応して変化することになり、この変化量を用いることで光出力を一定に保つことができる。 f_1 および f_2 の和が一定となるような特性は、制御回路12において特性補正值を用いることで得ることができる。

【0023】図5は本発明の第二の実施形態を示すブロック構成図である。図1に示した実施形態では半導体レーザダイオードの背面光を監視用に用いたが、図5に示す実施形態では、前面光と背面光との双方を監視用に用いる。

【0024】すなわち、半導体レーザダイオード1の前面光をビームスプリッタ14により2方路へ分歧し、一方はそのまま結合レンズ2を介して伝送用の光ファイバ3に結合し、他方は波長フィルタ7を介して光検出器9に入射する。また、半導体レーザダイオード1の背面光については、そのまま波長フィルタ6を介して光検出器8に入射する。半導体レーザダイオード1の光出力電力と波長とは前面光と背面光とで同じであり、この実施形態でも図1に示した実施形態と同様の制御動作が可能となる。

【0025】図6は本発明の第三の実施形態を示すブロ

ック構成図である。この実施形態では、波長制御のために半導体レーザダイオードの前面光を用い、背面光を用いて出力光電力の制御を行うことが前述の実施形態と異なる。

【0026】すなわち、半導体レーザダイオード1の前面光をビームスプリッタ14により2方路へ分岐し、一方の前面光についてはそのまま結合レンズ2を介して伝送用の光ファイバ3に結合し、分岐された他方の前面光についてはさらに別のビームスプリッタ15により2方路へ分岐して波長フィルタ6、7に導く。この波長フィルタ6、7の透過光を光検出器8、9により検出し、前述の実施形態と同様に差分をとって波長制御を行う。半導体レーザダイオード1の背面光は、そのまま光検出器16へ入力して電気信号に変換し、光出力電力の制御のために用いる。

【0027】この実施形態は、従来の背面光検出だけの光モジュールの前面光の光路部分を変更した構造であり、制御動作については、光出力電力制御は従来と同様に行い、波長制御については第一および第二の実施形態と同様に行う。また、この実施形態では波長制御用の光信号を前面光から分離し、光出力電力制御のための光信号を背面光から得る構成としたが、三つの光信号を前面光または背面光の一方から取り出すことも可能であり、波長制御用の光信号を背面光から、光出力電力制御のための光信号を前面光から取り出すことも可能である。

【0028】また、光検出器16を用いず、第一および第二の実施形態と同様に光検出器8、9の出力の和分により光出力電力を制御してもよい。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザダイオードの光出力制御装置は、簡易な構成で実施でき、nmオーダーでの波長制御が可能である。したがって、このような波長制御が要求される波長多重に用いて、光源回路を安価に提供できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態を示すブロック構成図。

【図2】二つの波長フィルタの透過特性の一例を示す図。

【図3】半導体レーザダイオードの波長温度特性の一例を示す図。

【図4】半導体レーザダイオードの駆動電力と光出力との関係を温度をパラメタとして示す図。

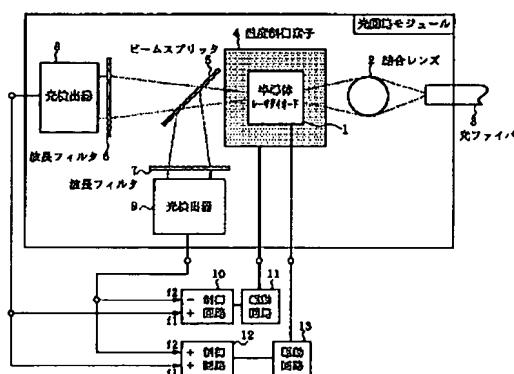
【図5】本発明の第二の実施形態を示すブロック構成図。

【図6】本発明の第三の実施形態を示すブロック構成図。

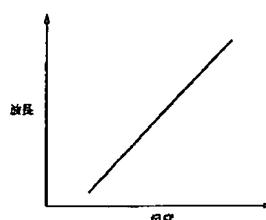
【符号の説明】

20 1 半導体レーザダイオード
2 結合レンズ
3 光ファイバ
4 温度制御素子
5、14、15 ビームスプリッタ
6、7 波長フィルタ
8、9、16 光検出器
10、12 制御回路
11、13 駆動回路

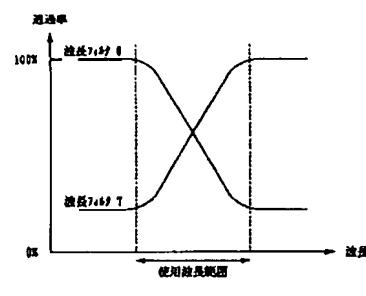
【図1】



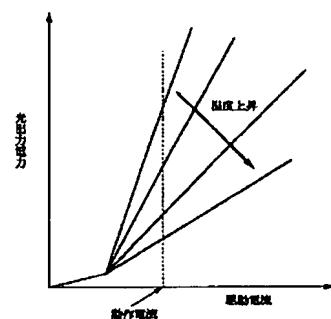
【図3】



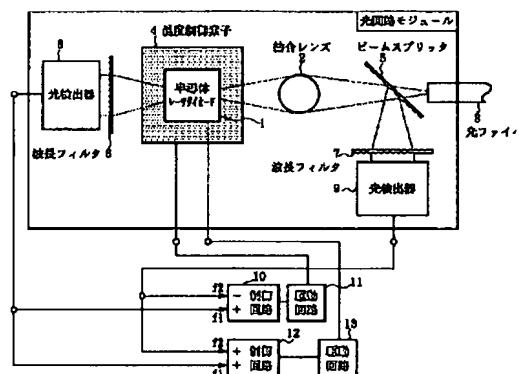
[図2]



[図4]



[図5]



【図6】

